



FEB 17 2004

Attorney Docket # 5367-40

Patent

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Norbert LINDER et al.

Serial No.: 10/647,000

Filed: August 22, 2003

For: Radiation-Emitting Semiconductor  
Component

Examiner :  
Art Unit : 2878

Mail Stop  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

LETTER TRANSMITTING PRIORITY DOCUMENT

SIR:

In order to complete the claim to priority in the above-identified application under 35 U.S.C. §119, enclosed herewith is a certified copy of each foreign application on which the claim of priority is based: Application No. 102 38 524.6, filed on August 22, 2002, in Germany; Application No. 103 06 311.0, filed on February 14, 2003, in Germany.

Respectfully submitted,  
COHEN, PONTANI, LIEBERMAN & PAVANE

By \_\_\_\_\_

Lance Lieberman  
Reg. No. 28,437  
551 Fifth Avenue, Suite 1210  
New York, New York 10176  
(212) 687-2770

Dated: February 12, 2004

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

USSN 10/647.000



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 38 524.6  
**Anmeldetag:** 22. August 2002  
**Anmelder/Inhaber:** Osram Opto Semiconductors GmbH,  
Regensburg/DE  
**Bezeichnung:** Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement  
**IPC:** H 01 L 33/00

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 28. August 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

S  
L  
e

Stremme

Beschreibung

Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement

5 Die Erfindung betrifft ein strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement mit einer Schichtstruktur, die eine n-dotierte Mantelschicht, eine p-dotierte Mantelschicht, eine zwischen der n-dotierten Mantelschicht und der p-dotierten Mantelschicht angeordnete aktive Schicht auf Basis von InGaAlP, und  
10 eine zwischen der aktiven Schicht und der p-dotierten Mantelschicht angeordnete Diffusionsstoppschicht enthält.

Vorliegend zählen zu den Materialien auf der Basis von InGaAlP alle Mischkristalle mit einer Zusammensetzung, die  
15 unter die Formel  $In_x(Ga_yAl_{1-y})_{1-x}P$  mit  $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$  fällt.

Leuchtdioden auf der Basis von InGaAlP können durch Variation des Al-Anteils mit Emission in einem weiten Spektralbereich  
20 von Rot bis Gelbgrün hergestellt werden. Durch die Änderung des Al-Gehalts kann die Bandlücke des InGaAlP-Systems von 1,9 eV bis 2,2 eV durchgestimmt werden.

25 Im Betrieb solcher Leuchtdioden beobachtet man eine Abnahme der Lichtleistung in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen. Als Hauptursache für diese Alterung wird die absichtlich eingebrachte Magnesium-Dotierung der p-Mantelschicht angesehen. Dabei kann es schon während des Epitaxieprozesses beim Aufwachsen einer GaP-Fensterschicht, die bei hohen  
30 Temperaturen erfolgt, zu einer Diffusion der Mg-Dotieratome entlang des Konzentrationsgradienten zur aktiven Schicht hin kommen.

Auch im Betrieb der Leuchtdioden kommt es zu Alterungsscheinungen.  
35

Ein Ansatz, dem Alterungsproblem zu begegnen, besteht darin, die Diffusion der Mg-Dotieratome von der p-dotierten Mantelschicht in die aktive Schicht zu reduzieren. In Hinblick auf eine möglichst lange Lebensdauer der Leuchtdioden ist es wünschenswert, die Magnesium-Diffusion weitestgehend zu verhindern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gattungsgemäßes strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement anzugeben, das verbesserte Alterungseigenschaften aufweist.

Diese Aufgabe wird durch ein strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement mit den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen 2 bis 11.

Erfundungsgemäß ist bei einem strahlungsemittierenden Halbleiterbauelement der eingangs genannten Art vorgesehen, daß eine Diffusionsstoppschicht durch ein verspanntes Übergitter gebildet ist. Es hat sich überraschend herausgestellt, daß durch ein derartiges Übergitter die Diffusion von p-Dotierstoffatomen wesentlich stärker unterdrückt wird, als bei dem Einsatz herkömmlicher Diffusionsstoppschichten.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß die Diffusionsstoppschicht durch ein alternierend tensil/kompressiv verspanntes Übergitter gebildet ist. Dies führt zu einer besonders effizienten Unterdrückung der Dotierstoff-Diffusion durch die Stoppschicht.

Insbesondere kann mit Vorteil vorgesehen sein, daß das Übergitter der Diffusionsstoppschicht aus N Perioden von tensil verspannten  $In_x(Ga_yAl_{1-y})_{1-x}P$ -Schichten (mit  $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ) und kompressiv verspannten  $In_x(Ga_yAl_{1-y})_{1-x}P$ -Schichten (mit  $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ) besteht, wobei N zwischen 2 und 40, insbesondere zwischen 5 und 20 und bevorzugt zwischen 8 und 15 liegt. In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung ist N

beispielsweise gleich 10. Weiterhin bevorzugt weisen die Schichten des Übergitters die gleiche Zusammensetzung auf.

5 In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Bauelements besteht das Übergitter der Diffusionsstoppschicht aus  $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{P}$ -Schichten (mit  $0 < x < 1$ ).

10 In vorstehendem Zusammenhang hat es sich als zweckmäßig herausgestellt, wenn die Verspannung im Bereich von 0,1% bis 5%, bevorzugt im Bereich von 0,5% bis 2%, besonders bevorzugt von 0,7% bis 1% liegt.

15 Die Erfindung bietet besonders große Vorteile, wenn die p-dotierte Mantelschicht mit Magnesium p-dotiert ist.

20 In einer zweckmäßigen Ausführung des strahlungsemittierenden Halbleiterbauelements ist die Diffusionsstoppschicht hoch n-dotiert. Bevorzugt sind beide Schichttypen des Übergitters mit einer Dotierstoffkonzentration oberhalb von  $0,5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  versehen. Besonders bevorzugt liegt die Dotierstoffkonzentration im Bereich zwischen einschließlich 0,75 und einschließlich  $1,5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ .

25 Dabei hat sich insbesondere eine n-Dotierung mit Tellur als vorteilhaft herausgestellt. Die Tellur-Dotierungsspitze, die durch das Übergitter gepinnt wird, dient dann als wirkungsvoller Diffusionsstopp für die p-Dotierstoffatome.

30 In einer bevorzugten Ausgestaltung ist auf der obersten Mantelschicht der Schichtstruktur eine transparente Auskoppelschicht angeordnet. Insbesondere kann die transparente Auskoppelschicht im wesentlichen aus GaP bestehen. Diese Auskoppelschicht wird typischerweise unter Verwendung von Phosphin ( $\text{PH}_3$ ) für ein bis zwei Stunden bei einer Temperatur oberhalb von 800 °C epitaktisch abgeschieden. Die erforderlichen hohen Temperaturen begünstigen die Diffusion von Dotierstoffatomen aus der p-dotierten Mantelschicht in die aktive Schicht.

Die aktive Schicht kann beispielsweise durch einen p-n-Übergang, einen Quantentopf oder einen Mehrfachquantentopf gebildet sein.

5

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen, Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung des Ausführungsbeispiels und der Zeichnung.

10 Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert. Es sind jeweils nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente dargestellt. Dabei zeigt

15 Figur 1 eine schematische Darstellung einer Schnittansicht eines strahlungsemittierenden Halbleiterbauelements nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

Figur 2 ein Detail der Darstellung von Figur 1.

20

Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung eine Schnittansicht einer allgemein mit 10 bezeichneten InGaAlP-Leuchtdiode nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. Dabei sind in der schematischen Darstellung der Figur 1 nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Schichten dargestellt. Es versteht sich jedoch, daß weitere Schicht, wie etwa Pufferschichten, Zwischenschichten, Rampen und dergleichen ebenfalls vorhanden sein können.

25

30 Bei der InGaAlP-Leuchtdiode 10 ist auf ein Si-dotiertes GaAs-Substrat 12 eine Schichtfolge auf InGaAlP-Basis aufgewachsen, die eine n-dotierte Mantelschicht 18, eine aktive Schicht 14 und eine mit Magnesium p-dotierte Mantelschicht 20 enthält. Auf die p-Mantelschicht 20 wurde noch während des Epitaxieprozesses bei 840 - 860 °C eine GaP-Fensterschicht 22 aufgewachsen.

Um die Diffusion von Mg-Dotieratomen aus der p-Mantelschicht 20 in die aktive Schicht 14 zu unterdrücken, die ansonsten bei den hohen Wachstumstemperaturen für die GaP-Fensterschicht 22 auftritt, ist zwischen der aktiven Schicht 14 und 5 der p-Mantelschicht 20 eine Diffusionsstoppschicht 16 eingebracht. Die Diffusionsstoppschicht 16 besteht im Ausführungsbeispiel aus einem hoch n-dotierten verspannten Übergitter.

Wie am besten in der Darstellung der Figur 2 zu erkennen, 10 besteht das Übergitter der Diffusionsstoppschicht 16 aus einer alternierenden Abfolge von 4 nm dicken, tensil verspannten InAlP-Schichten 16a und ebenfalls 4 nm dicken, kompressiv verspannten InAlP-Schichten 16b. Im Ausführungsbeispiel enthält das Übergitter N = 10 derartige Schichtenpaare 16a, 16b.

15 Die Punkte ober- und unterhalb der Schichten in Figur 2 deuten an, daß die alternierende Abfolge mehr als die sechs gezeigten Schichten enthält. Der Grad der Verspannung ist im konkreten Ausführungsbeispiel für bei beiden Schichttypen je- 20 weils zu 0,8% gewählt.

25 Beide Schichttypen sind mit Tellur bei einer Dotierstoffkonzentration von 0,75 bis  $1,5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  hoch n-dotiert. Die Tellur-Dotierstoffspitze, die durch das Übergitter gepinnt wird, wirkt dann als effektiver Diffusionsstop für die Magnesium-Dotieratome aus der p-Mantelschicht 20.

Um die Wirkung der erfindungsgemäßen Diffusionsstoppschicht zu überprüfen, wurden SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry) 30 Tiefenprofile einer erfindungsgemäßen Leuchtdiode 10 und einer Vergleichs-Leuchtdiode ohne Diffusionsstoppschicht aufgenommen. Die eingestellte Mg-Dotierstoffkonzentration der p-Mantelschicht ist dabei in beiden Fällen gleich groß und beträgt etwa  $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ .  
35 Bei der Vergleichs-Leuchtdiode findet sich, ausgehend von der p-Mantelschicht eine nur flach abfallende und damit weit in

die lichterzeugenden Schichten hineinragende Magnesium-Konzentration oberhalb von  $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ .

Demgegenüber wird die Diffusion der Mg-Atome durch das Ein-  
5 bringen der beschriebenen Diffusionsstoppschicht 16 in diesem Bereich wirkungsvoll gestoppt und ein weiteres Vordringen unterdrückt. Bei der erfindungsgemäßen Leuchtdiode liegt die Mg-Konzentration im Bereich der lichterzeugenden Schichten 14 unterhalb von  $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ , und damit bei einem Wert, der für  
10 das Altersverhalten der Leuchtdiode unkritisch ist.

Es versteht sich, daß die in der vorstehenden Beschreibung, in der Zeichnung sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein können.  
15

## Patentansprüche

1. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement mit einer  
5 Schichtstruktur, die

- eine n-dotierte Mantelschicht (18),
  - eine p-dotierte Mantelschicht (20),
  - eine zwischen der n-dotierten Mantelschicht (18) und der p-dotierten Mantelschicht (20) angeordnete aktive Schicht (14)
- 10 auf Basis von InGaAlP, und
- eine zwischen der aktiven Schicht (14) und der p-dotierten Mantelschicht (20) angeordnete Diffusionsstoppschicht (16) enthält,  
d a d u r c h . g e k e n n z e i c h n e t, daß
- 15 - die Diffusionsstoppschicht (16) ein verspanntes Übergitter aufweist.

2. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, d a d u r c h . g e k e n n z e i c h n e t, daß

- 20 die Diffusionsstoppschicht (16) ein alternierend tensil/kompressiv verspanntes Übergitter aufweist.

3. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 2, d a d u r c h . g e k e n n z e i c h n e t, daß

- 25 das Übergitter der Diffusionsstoppschicht (16) N Perioden von tensil verspannten  $In_x(Ga_yAl_{1-y})_{1-x}P$ -Schichten (16a) mit  $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$  und kompressiv verspannten  $In_x(Ga_yAl_{1-y})_{1-x}P$ -Schichten (16b) mit  $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$  aufweist, wobei N zwischen 2 und 40, bevorzugt zwischen 5 und 20, besonders bevorzugt zwischen 8 und 15 liegt.

4. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 3, d a d u r c h . g e k e n n z e i c h n e t, daß

- 35 das Übergitter der Diffusionsstoppschicht (16) aus InAlP-Schichten besteht.

5. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß die Verspannung im Bereich von 0,1% bis 5%, bevorzugt im Bereich von 0,5% bis 2%, besonders bevorzugt im Bereich von 0,7% bis 1% liegt.

6. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

10 dadurch gekennzeichnet, daß die p-dotierte Mantelschicht (20) mit Magnesium p-dotiert ist.

7. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

15 dadurch gekennzeichnet, daß die Diffusionsstoppschicht (16) hoch n-dotiert ist.

8. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem Anspruch 7,

20 dadurch gekennzeichnet, daß die Diffusionsstoppschicht (16) mit Tellur n-dotiert ist.

9. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem Anspruch 7 oder 8,

25 dadurch gekennzeichnet, daß die n-Dotierstoffkonzentration oberhalb von  $0,5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  liegt, insbesondere zwischen einschließlich 0,75 und einschließlich  $1,5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  liegt.

30

10. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß auf der obersten Mantelschicht (20) der Schichtstruktur eine transparente Auskoppelschicht (22) angeordnet ist, die bevorzugt im wesentlichen aus GaP besteht.

11. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement nach einem  
der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
die aktive Schicht (14) einen p-n-Übergang, einen Quantentopf  
oder einen Mehrfachquantentopf aufweist.

Zusammenfassung

Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement

- 5 Bei einem strahlungsemittierenden Halbleiterbauelement mit einer Schichtstruktur, die eine n-dotierte Mantelschicht (18), eine p-dotierte Mantelschicht (20), eine zwischen der n-dotierten Mantelschicht (18) und der p-dotierten Mantelschicht (20) angeordnete aktive Schicht (14) auf Basis von  
10 InGaAlP, und eine zwischen der aktiven Schicht (14) und der p-dotierten Mantelschicht (20) angeordnete Diffusionsstoppschicht (16) enthält, ist die Diffusionsstoppschicht (16) erfundungsgemäß durch ein verspanntes Übergitter gebildet.

15 Figur 1

P2002.0687

111

10 ↗

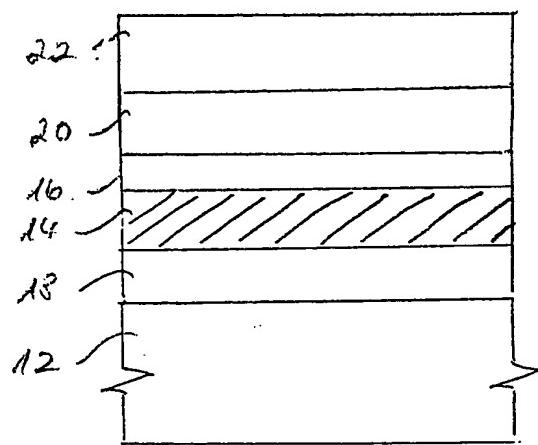


Fig. 1

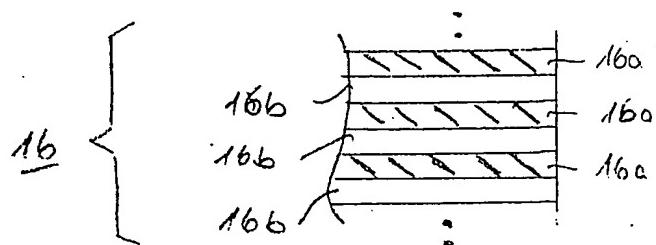


Fig. 2